نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۹، شماره ۱، نیمسال اول ۱۳۹۸، ص ۲۵۱-۲۳۵

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 9, No. 1, Spring - Summer 2019, p. 235-251

اولویت‌بندی ورود توان تراکتوری در کشاورزی استان خوزستان به روش‌های تاپسیس و تحلیل سلسله مراتبی فازی

آتنا کشوری[1]– افشین مرزبان[2]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۱۶

چکیده

شناخت وضعیت توان تراکتوری هر منطقه به‌منظور برنامه‌ریزی برای ارتقاء ظرفیت انجام عملیات ماشینی از ضرورت‌های برنامه‌ریزی در حوزه مکانیزاسیون کشاورزی می‌باشد. در همین راستا به‌منظور شناسایی روند گذشته، شکاف میان وضع موجود و مطلوب در استان خوزستان، سطح مکانیزاسیون طی ۵ دوره برنامه توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران مورد بررسی قرار گرفت. توان تراکتوری مورد نیاز شهرستان‌های استان در زمان اوج عملیات کشاورزی محاسبه گردید و به‌منظور اولویت‌بندی ورود توان در استان از ترکیب روش‌های تاپسیس فازی و تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده گردید. سطح مکانیزاسیون استان ۱/۲۰ اسب بخار بر هکتار برآورد گردید و متوسط ضریب پراکندگی اراضی کشاورزی برای کل استان ۳۰۱/۹۶ درصد محاسبه شد. بین سطح مکانیزاسیون شهرستان‌های استان و ضریب پراکندگی اراضی و میانگین قطعات زراعی به‌ترتیب همبستگی منفی و مثبت مشاهده گردید. به‌منظور اجرای به موقع عملیات کشاورزی، استان نیازمند ۶۶۸۲ دستگاه تراکتور با توان اسمی معادل ۷۵ اسب بخار می‌باشد. بیشترین نیازمندی به تراکتور در شهرستان دشت‌آزادگان با تعداد ۱۱۶۳ دستگاه وجود داشت. برای ورود توان جدید به استان بایستی شهرستان‌های گتوند، اندیمشک، ایذه و باغملک در اولویت قرار بگیرند. ضریب پراکندگی سطح مکانیزاسیون ۴۷ درصد محاسبه شد که نشان‌دهنده توزیع نامناسب سطح مکانیزاسیون در شهرستان‌های استان می‌باشد. بر این مبنا ضرورت برنامه‌ریزی منطقه‌ای در برنامه‌های راهبردی استان برای برقراری تعادل و توازن بیشتر به منظور ایجاد شرایط مناسب و همگون توان در کشاورزی، دیده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: برآورد توان، تصمیم‌سازی چند معیاره، سطح مکانیزاسیون، نیازسنجی

مقدمه

عدم توجه کافی به مسئله تخصیص بهینه منابع پرهزینه بخش کشاورزی از جمله تراکتورها، باعث بروز مشکلات فراوان در این بخش شده است. تعیین سطح بهینه مکانیزاسیون در مناطق، نواحی و در سطح کلان کشور نیازمند شناسایی روابط بین ماشین‌ها، سیستم کشاورزی، شرایط محیطی و بیولوژیکی می‌باشد. سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و استفاده صحیح و بهینه از ماشین در کشاورزی، اصولاً در کشورهای جهان سوم با چالش‌های متفاوتی روبه‌روست و نیاز به جامع‌نگری در این زمینه بسیار محسوس بوده به نحوی که عمدتاً تکیه بر روی انتخاب استراتژی و فناوری به همراه برنامه‌ریزی مناسب است. در کشور ایران نیز بالطبع این امر با فراز و نشیب‌های فراوانی روبه‌رو بوده است و هنوز تا دستیابی به جایگاه واقعی فاصله بسیار دارد (Mohammadi and Zarifiyan, 2008). توزیع جغرافیایی نامناسب ماشین‌های کشاورزی، به‌کارگیری ادوات و ماشین‌های مستهلک شده و شکاف زمانی بین تقاضا برای ماشین‌های کشاورزی و عرضه آن از طریق سیستم بانکی از جمله مشکلات کنونی مکانیزاسیون در کشور معرفی شدند (Pishbin *et al*., 2007). نسبت کم ماشین به‌ازای بهره‌بردار و نسبت پایین تعداد ماشین به اراضی زراعی در استان کرمانشاه بیانگر افزایش تراکم کار، فشار زیاد و استهلاک سریع‌تر ماشین نسبت به شرایط استاندارد و تاخیر در عملیات اجرایی کشاورزی منوط به ماندن بهره‌بردار در نوبت است که به نوبه خود باعث کاهش بهره‌وری تولید می‌گردد (Tavakkoli, 2012). مطالعه صورت گرفته در تهران، فارس، اصفهان، خوزستان، همدان، مغان، سمنان، خراسان، چهارمحال و مرکزی به‌منظور تعیین شاخص‌های مکانیزاسیون مرتبط با عملیات خاک‌ورزی، سطح مکانیزاسیون خاک‌ورزی ۰/۹۶ اسب بخار

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشجوی دکتری مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز-ملاثانی، ایران
۲- عضو هیأت علمی گروه مکانیزاسیون و ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز-ملاثانی، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: marzban@ramin.ac.ir)
DOI: 10.22067/jam.v9i1.69258

بر هکتار و متوسط سطح مطلوب مکانیزاسیون ۱/۵ اسب بخار در هکتار برآورد شد. برای پر کردن خلأ نسبی در مناطق مزبور می‌بایست ۴۵۰۰۹ دستگاه تراکتور ۷۵ اسب بخار تزریق گردد (Safari and Almassi, 2008). (Lak and Bloki, 2008) در بررسی وضعیت مکانیزاسیون بخش مرکزی شهرستان همدان، سطح مکانیزاسیون ۰/۷۸۵ اسب بخار بر هکتار، توان اجرایی ۵۸۵۸۶/۵ هکتار و ضریب بهره‌وری ۰/۷۷ را برآورد کردند. سطح مکانیزاسیون ۰/۷۸۵ برای درجه مکانیزاسیون ۱۰۰٪ خاک‌ورزی مقدار نسبتاً مطلوبی است و ضریب بهره‌وری ۰/۷۷ هم نشان از کفایت منابع توانی دارد، اما از آنجا که عمده منابع تراکتوری از نوع U650 با عمر بیش از ۱۳ سال بود، نیاز ضروری به جانشین‌سازی تراکتورهای نو به‌جای تراکتورهای کهنه وجود داشت.

شناخت وضعیت توان تراکتوری هر منطقه جهت برنامه‌ریزی برای ارتقاء ظرفیت انجام عملیات ماشینی در آن منطقه از ضرورت‌های برنامه‌ریزی در حوزه مکانیزاسیون کشاورزی می‌باشد (Abbasi *et al.*, 2011). مطالعه روند تغییر سطح مکانیزاسیون کشاورزی می‌تواند تصویر مناسبی از وضعیت توان تراکتوری و توزیع توان ارائه دهد و اطلاعات مورد نیاز تصمیم‌سازان بخش کشاورزی به‌منظور پایش، نظارت و برنامه‌ریزی اصولی در روند توسعه مکانیزاسیون، را فراهم آورد. توان تراکتوری موجود هر منطقه باید بتواند نیاز عملیات کشاورزی آن منطقه را در پرتراکم‌ترین مقطع زمانی از فصل زراعی از نظر عملیات ماشینی برطرف نماید (Abbasi *et al.*, 2011). با توجه به محدودیت منابع توان، اولویت‌بندی مناطق از نظر نیاز به ورود منابع توان جدید از اهمیت بسیاری برخوردار است. روش اولویت‌بندی ترجیحی براساس تشابه به پاسخ‌های ایده‌آل (TOPSIS[1]) یکی از روش‌های قوی در تصمیم‌سازی چند معیاره است که به نوع تکنیک وزن‌دهی، حساسیت بسیار کمی دارد (Nastaran *et al.*, 2010). بنابراین، برای وزن‌دهی به شاخص‌ها، از روش‌های متعددی که انتخاب هر یک بستگی به نوع تصمیم و شاخص‌های پیش‌روی تصمیم‌گیرنده دارد استفاده می‌شود. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP[2]) یکی از معروف‌ترین روش‌های تصمیم‌سازی چند شاخصه است که شاخص‌ها را به‌صورت زوجی با یکدیگر مقایسه می‌کند تا نهایتاً یک وزن مشخص برای هر شاخص به‌دست آید (Bencheikh *et al.*, 2017). اصول فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بر تجربه و دانش تصمیم‌گیرنده استوار است. اما از آنجایی که تصمیم‌گیرندگان از توانایی‌های ذهنی و تجربه‌های خود برای انجام مقایسه‌ها استفاده می‌کنند، بنا به دلایلی مانند دانش و اطلاعات ناکافی، پیچیدگی مسئله، نداشتن اطمینان در مورد محیط تصمیم‌گیری و نبود یک مقیاس مناسب نمی‌توانند ترجیح‌های خود را در قالب اعداد محض بیان کنند، بنابراین AHP سنتی امکان سبک تفکر انسانی را به‌طور کامل ندارد (Tabibi and Maleki, 2005). از طرف دیگر وجود خطرپذیری و نبود قطعیت در بخش کشاورزی موجب می‌شود تا داده‌های به‌کار رفته در پژوهش‌های مربوط به کشاورزی بیشتر به‌صورت غیردقیق و غیرقطعی باشند (Biswas and Baran pal, 2004). برای رفع این نارسایی می‌توان از نظریه مجموعه‌های فازی استفاده کرد. منطق فازی به‌عنوان منطق مدل‌سازی ریاضی فرآیندهای غیر دقیق و مبهم، عدم قطعیت در مورد داده‌ها و عدم دقت مرتبط با آگاهی‌های تصمیم‌گیرنده در اختصاص دادن وزن دقیق به معیارها را در نظر می‌گیرد و از این رو بستری را برای مدل‌سازی در شرایط عدم اطمینان فراهم می‌سازد (Baja *et al.*, 2002).

مواد و روش‌ها

این پژوهش در استان خوزستان انجام شد و داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز از آمارنامه‌های کشاورزی و نتایج سرشماری عمومی در استان به‌دست آمد (Agricultural Jihad Organization of Khuzestan Province, 2017). ضریب پراکندگی قطعات زراعی شهرستان‌های استان و رابطه آن با سطح مکانیزاسیون شهرستان‌های مورد بررسی قرار گرفت. اندازه قطعات زراعی و تعداد بهره‌برداری‌ها از نتایج سرشماری عمومی استان توسط سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان به‌دست آمد. سپس میانگین، انحراف معیار و ضریب پراکندگی اراضی هر شهرستان محاسبه شد (Organization of Management and Planning of Khuzestan Province, 2017). برای تعیین میزان تراکتورهای مورد نیاز هر شهرستان ابتدا اطلاعات مربوط به وضعیت آب و هوای هر شهرستان از اداره کل هواشناسی استان گرفته شد (Meteorological Organization of Khuzestan Province, 2017). سپس روزهای قابل کار با استفاده از رابطه (۱) که توسط سازمان خوار و بار جهانی ارائه شده، محاسبه گردید (Yousefi, 2015).

$$D = d_s + \frac{1}{8}d_n + \frac{1}{2}d_t \qquad (۱)$$

D، روزهای قابل کار، d_s، روزهای آفتابی، d_n، روزهای نیمه‌آفتابی و d_t، روزهای تمام ابری می‌باشد.

جدول عملیاتی محصولات عمده هر شهرستان با رعایت تناوب رایج آن شهرستان در ماه‌های مختلف ترسیم گردید و نوع و میزان عملیات در هکتار برای هر دهه از هر ماه مشخص شد. با استفاده از اطلاعات فوق تعداد روزهای قابل کار و مجموع عملیات در ماه‌های پر تراکم ظرفیت مورد نیاز برای انجام به موقع عملیات مختلف از رابطه (۲) محاسبه شد.

1- Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
2- Analytic hierarchy process

$$C_a = \frac{A}{t_{ad} \times T \times p_{wd}} \qquad (۲)$$

C_a، ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر برای انجام عملیات مورد نظر، A، سطح عملیات، t_{ad}، تعداد روزهای کار، T، ساعات کاری در یک روز (۱۰ساعت کاری) و p_{wd}، احتمال روزهای خوب کاری (روزهای قابل کار تقسیم بر روزهای ماه) می‌باشد (Almassi *et al.*, 2008). به این طریق حداکثر ظرفیت مورد نیاز هریک از ادوات در ماهی که اوج عملیات مورد نظر برای آن ماشین است مشخص گردید. عرض مورد نیاز هر یک از ادوات از رابطه (۳) محاسبه شد.

$$W = \frac{C_a \times 10}{V \times \eta_f} \qquad (۳)$$

W، عرض مورد نیاز هر دستگاه، C_a، ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر برای انجام عملیات مورد نظر، V، سرعت کاری ($km\ h^{-1}$) و η_f، بازده مزرعه‌ای دستگاه می‌باشد (Almassi *et al.*, 2008).

در محاسبه بازده مزرعه‌ای، متوسط اندازه مزارع هر شهرستان مد نظر قرار داده شد. پس از تعیین عرض مورد نیاز هریک از ادوات و تقسیم آن بر عرض ادوات رایج مورد استفاده در هر شهرستان، تعداد مورد نیاز هریک از ادوات مشخص گردید. پس از تعیین تعداد ادوات و مشخص شدن توان مورد نیاز برای انجام هریک از این عملیات، مجموع توان مورد نیاز در ماهی که بیشترین حجم عملیات را دارد محاسبه و متناسب با توان مورد نیاز ادوات عمدتاً ۷۵-۶۵ اسب‌بخار تعداد تعداد تراکتور معادل در هر شهرستان تعیین گردید.

اولویت‌بندی ورود توان به شهرستان‌های استان

به‌منظور تعیین اولویت ورود توان به شهرستان‌های استان با استفاده از تاپسیس فازی و AHP فازی چهار معیار کمبود سطح مکانیزاسیون، ضریب کهنگی عمر تراکتورها، نسبت هکتار به تراکتور و میانگین هارمونیک عملکرد به‌کار گرفته شد.

Fenelar hovon and perkins (1983) پژوهشگران پیشتازی بودند که مفهوم منطق فازی را در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به‌کار بردند. حجم قابل توجهی از مطالعات وجود دارد که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس را به‌منظور نمره‌دهی گزینه‌ها در قالب واژه‌های فازی توسعه داده‌اند (Chia, 2010 and Gungor *et al.*, 2009). در این مطالعه به‌منظور دست‌یابی به مزایای هر دو روش در رتبه‌بندی، روش ترکیبی (AHP-TOPSIS) استفاده شد. روش ادغامی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس بدین صورت استفاده گردید که ابتدا وزن معیارها و زیرمعیارها به کمک روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی محاسبه و سپس، از این وزن‌ها در روش تاپسیس به منظور رتبه‌بندی گزینه‌ها استفاده شد (Ertugrul and Karakaşoglu, 2009, Gumus, 2009 and Secme *et al.*, 2009).

تئوری فازی

M ∈ F(R) را یک عدد فازی گویند اگر $x_0 \in R$ به‌طوری‌که $\mu_m(X_o) = 1$ وجود داشته باشد و برای هر $\alpha \in [0, 1]$ داشته باشیم $A_\alpha=[x, \mu_{A_\alpha}(x) \geq \alpha]$ که a بازه بسته، F(R) تمام مجموعه‌های فازی را نشان می‌دهد و R مجموعه‌ای از اعداد واقعی است. عدد فازی M روی R یک عدد فازی مثلثی تعریف می‌شود اگر تابع عضویت $\mu_m(x): R \rightarrow [0, 1]$ برابر با رابطه (۴) باشد:

$$\mu_m(x) = \begin{cases} \frac{x}{m-l} / \frac{l}{m-l} & x \in [l, m] \\ \frac{x}{m-u} / \frac{u}{m-u} & x \in [l, u] \\ 0 & \text{سایر} \end{cases} \qquad (۴)$$

$u \leq m \leq l$، l و u مقادیر پایین و بالا برای m و m ارزش کیفی است. عدد فازی مثلثی را می‌توان با (l, m, u) نشان داد (Ertugrul, and Karakaşoglu, 2009; Chang, 1996).

مراحل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی

نخستین مرحله از روش AHP فازی تصمیم‌گیری درباره اهمیت نسبی هر زوج از معیارها در یک سطح از سلسله مراتب است. ماتریس ارزیابی فازی $A = (a_{ij})_{n \times m}$ از طریق مقایسات زوجی، ایجاد می‌شود (Dagdeviren and Yuksel, 2008 and Chang, 1996). در ماتریس مقایسات زوجی ایجاده شده، A_1 معیار کمبود سطح مکانیزاسیون، A_2 معیار ضریب کهنگی، A_3 معیار میانگین هارمونیک عملکرد و A_4 معیار نسبت هکتار به تراکتور در نظر گرفته شد. ماتریس مقایسات زوجی در جدول ۱ در پیوست آمده است.

در مرحله بعد وزن فازی برای هر معیار بر مبنای رابطه (۵) محاسبه گردید و در جدول ۲ در پیوست نشان داده شده است (Khurram Ali *et al.*, 2017).

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \times \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1} \qquad (۵)$$

مقدار M_{gi}^{j} و $\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}$ و $\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1}$ از روابط (۶)، (۷) و (۸) محاسبه شدند و در جداول ۳، ۴ و ۵ در پیوست مقدار محاسبه شده آورده شده است (Maddahi *et al.*, 2017; Seyedmohammadi *et al.*, 2017).

$$\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{m} l_j, \sum_{j=1}^{m} m_j, \sum_{j=1}^{m} u_j\right) \qquad (۶)$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i, \sum_{i=1}^{n} m_i, \sum_{i=1}^{n} u_i\right) \qquad (۷)$$

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i}\right) \qquad (۸)$$

i و j به‌ترتیب شماره سطر و ستون، M_{gi}^{j} بیانگر اعداد مثلثی در ماتریس مقایسه زوجی و l_i، m_i و u_i به‌ترتیب مؤلفه‌های اول تا سوم اعداد فازی هستند.

مراحل فرآیند تاپسیس فازی

مرحله ۱: با توجه به تعداد معیارها، تعداد گزینه‌ها و ارزیابی همه گزینه‌ها برای معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم به‌صورت $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ عملکرد گزینه iام $(i = 1, \dots, m)$ در رابطه با معیار j $(j = 1, \dots, n)$ می‌باشد. اگر کمیته تصمیم‌گیرنده دارای k عضو باشد و رتبه‌بندی فازی kامین تصمیم‌گیرنده $\tilde{x}_{ijk} = (a_{ijk}, b_{ijk}, c_{ijk})$ به‌ازای $(i = 1, \dots, m)$ و $(j = 1, \dots, n)$ باشد، با توجه به معیارها، رتبه‌بندی فازی ترکیبی $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ را می‌توان بر اساس رابطه (۹) به‌دست آورد (Chen and Tsao, 2008, Wang and Lee, 2009, Chia, 2010 and Sun, 2010):

$$a_{ij} = \min_k a_{ijk} \qquad b_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{k} b_{ijk}}{k} \qquad c_{ij} = \max_k c_{ijk} \qquad (۹)$$

بنابراین ماتریس تصمیم برای ۴ معیار کمبود سطح مکانیزاسیون، ضریب کهنگی عمر تراکتورها، میانگین هارمونیک عملکرد و نسبت هکتار به تراکتور و ۲۷ گزینه متشکل از شهرستان‌های استان خوزستان مطابق با جدول ۶ در پیوست تشکیل گردید.

مرحله ۲: تعیین ماتریس وزن معیارها، که در این روش وزن معیارها از AHP فازی محاسبه و جای‌گذاری شد.

مرحله ۳: بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم فازی، از آنجایی که زیرمعیارهای مختلف ممکن است ارزش‌های متفاوتی داشته باشند، لازم است قبل از به‌کارگیری بی‌مقیاس شوند؛ به عبارت دیگر، زیرمعیارهای مثبت با بالاترین مقدار باید بیشترین رتبه و معیارهای منفی با بیشترین مقدار باید کمترین رتبه را داشته باشند. بنابراین برای معیارهای مثبت از رابطه (۱۰) و برای معیارهای منفی از رابطه (۱۱) استفاده شد:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*}\right) \qquad c_j^* = \max_i c_{ij} \qquad (۱۰)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}}\right) \qquad a_j^- = \min_i a_{ij} \qquad (۱۱)$$

$\tilde{r}_{ij}$ عدد فازی بی‌مقیاس، a_{ij}، b_{ij} و c_{ij} اعداد فازی مثلثی هستند. معیارهای کمبود سطح مکانیزاسیون، ضریب کهنگی و نسبت هکتار به تراکتور معیارهای منفی (مقدار کمتر این معیارها بیانگر بهتر بودن نسبی شرایط موجود می‌باشد) و معیار میانگین هارمونیک عملکرد معیار مثبت می‌باشد.

مرحله ۴: تعیین ماتریس تصمیم فازی وزن‌دار، با توجه به وزن معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم فازی وزن‌دار از ضرب کردن ضریب اهمیت مربوط به هر معیار در ماتریس بی‌مقیاس شده فازی و از رابطه (۱۲) به‌دست می‌آید. ماتریس تصمیم فازی وزن‌دار در جدول ۷ در پیوست آمده است.

$$\tilde{V} = \left[\tilde{v}_{ij}\right]_{m\times n} \quad i = 1, \dots, m \;\text{و}\; j = 1, \dots, n$$
$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \times \tilde{w}_j \qquad (۱۲)$$

مرحله ۵: محاسبه راه‌حل ایده‌آل فازی و راه‌حل ضد ایده‌آل فازی از رابطه (۱۳) و (۱۴):

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \qquad \tilde{v}_j^* = \max_i\{\tilde{v}_{ij3}\} \qquad i = 1, \dots, m \;\text{و}\; j = 1, \dots, n \qquad (۱۳)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \qquad \tilde{v}_j^- = \min_i\{\tilde{v}_{ij1}\} \qquad i = 1, \dots, m \;\text{و}\; j = 1, \dots, \qquad (۱۴)$$

مقادیر راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی در جداول ۸ و ۹ در پیوست نشان داده شده است.

$\tilde{v}_i^*$ بهترین مقدار معیار i از بین تمام گزینه‌ها و $\tilde{v}_i^-$ بدترین مقدار معیار i از بین تمام گزینه‌ها است. گزینه‌هایی که در آن‌ها A^* و A^- قرار می‌گیرند، به‌ترتیب نشان‌دهنده گزینه‌های کاملاً بهتر و کاملاً بدتر هستند.

مرحله ۶: محاسبه از راه‌حل ایده‌آل فازی و راه‌حل ضدایده‌آل فازی از رابطه (۱۵) و رابطه (۱۶):

$$\tilde{S}_i^* = \sum_{j=1}^{n} d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*) \quad i = 1, \dots, m \qquad (۱۵)$$

$$\tilde{S}_i^- = \sum_{j=1}^{n} d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) \quad i = 1, \dots, m \qquad (۱۶)$$

$d(\dots,\dots)$ فاصله بین دو عدد فازی است که اگر (a_1, b_1, c_1) و (a_2, b_2, c_2) دو عدد فازی باشند فاصله دو عدد برابر است با:

$$d_v(\tilde{M}_1, \tilde{M}_2) = \sqrt{\frac{1}{3}(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2} \qquad (۱۷)$$

لازم به ذکر است که دو عدد $d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*)$ و $d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-)$ اعداد قطعی هستند (Yazdani *et al.*, 2017; Sindhu *et al.*, 2017). در نهایت نسبت نزدیکی متغیر A_i با توجه به راه‌حل ایده‌آل مثبت A^* به‌عنوان فرمول کلی (۱۸) تعریف می‌شود. گزینه‌های با شاخص شباهت بیشتر در اولویت قرار دارند. مقدار فاصله از راه‌حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل در جدول ۳ در پیوست نشان داده شده است.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^* - S_i^-} \qquad 0 \le C_i^* \le 1 \qquad i = 1 \dots m \qquad (۱۸)$$

بنا به تعریف مرکز توسعه مکانیزاسیون کشور عمر مفید تراکتورها ۱۳ سال در نظر گرفته می‌شود (Moradi *et al.*, 2014)، با توجه به این که در شهرستان‌های استان، تراکتورهای متعددی با عمر بالای ۱۳ سال در حال فعالیت می‌باشند بر این اساس ضریب کهنگی، نسبت تراکتورهای بالای ۱۳سال به تراکتورهای با عمر کمتر از ۱۳ سال در نظر گرفته شد.

در تعیین میانگین عملکرد محصولات هر شهرستان از آنجایی که محصولات مختلفی در سطح شهرستان‌ها کشت می‌شود و عمده کشت برخی از شهرستان‌ها محصولات با عملکرد بالا مثل محصولات غده‌ای و ریشه‌ای و برخی دیگر از شهرستان‌ها محصولات با عملکرد پایین مانند غلات می‌باشد و همچنین تفاوت در الگوی کشت و تناوب در بین شهرستان‌ها، به جای استفاده از میانگین حسابی از میانگین هارمونیک عملکرد محصولات استفاده شد. بنابراین هنگامی که ارزش داده‌ها متفاوت باشد از میانگین هارمونیک (رابطه

۱۹) استفاده می‌شود (Rangbaran, 2009).

$$\mu_K = \frac{N}{\sum \frac{1}{X_i}} \quad (۱۹)$$

μ_K، میانگین هارمونیک، N، تعداد داده‌ها و X_i، داده‌هایی هستند که باید از آنها میانگین گرفته شود. پس میانگین عملکرد محصولات هر شهرستان از رابطه (۲۰) محاسبه شد.

$$\overline{Y} = \frac{1}{\sum \frac{S_i}{Y_i}} \quad (۲۰)$$

$\overline{Y}$ میانگین هارمونیک عملکرد، S_i سطح زیر کشت (ha)، Y_i عملکرد محصول (Ton).

نتایج و بحث

پراکندگی اراضی در استان خوزستان

متوسط وسعت مزارع در استان ۱۲/۴۳ هکتار می‌باشد و حدود ۴۴ درصد از مزارع استان کمتر از ۵ هکتار وسعت دارند. وسعت کم بهره‌برداری‌ها و محدودیت در اندازه واحدهای تولیدی زراعی را می‌توان از جمله مهم‌ترین موانع در کاربرد گسترده ماشین‌های کشاورزی و توسعه مکانیزاسیون دانست. ضریب پراکندگی محاسبه شده نشان می‌هد که پراکندگی اندازه قطعات در همه شهرستان‌های استان بالا و بیشتر از یک است (جدول ۱).

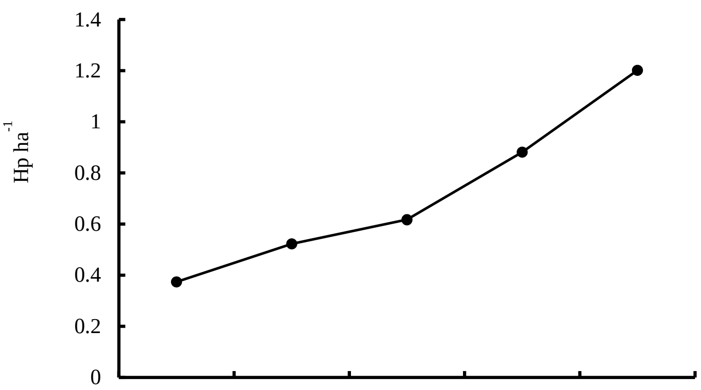
جدول ۱- ضریب پراکندگی قطعات زراعی و سطح مکانیزاسیون

Table 1- Coefficient of variation of farmlands and mechanization level

شهر County	میانگین قطعات زراعی Average	انحراف معیار قطعات زراعی Standard deviation	ضریب پراکندگی قطعات زراعی Coefficient of variation	سطح مکانیزاسیون Mechanization level
اندیمشک Andimeshk	12.85	30.01	233.47	0.512
امیدیه Omidiyeh	10.11	11.90	117.67	2.20
اهواز Ahvaz	25.95	60.52	233.24	0.735
ایذه Izeh	6.15	6.87	111.74	0.90
باغملک Bagh-e Malek	3.49	5.23	149.80	0.82
بندر ماهشهر Bandar-e Mahshahr	47.29	92.36	195.29	2.24
بهبهان Behbahan	8.928	12.75	142.78	1.42
خرمشهر Khoramshahr	56.10	66.84	119.14	1.46
دزفول Dezful	8.769	17.22	196.33	0.89
دشت آزادگان Dasht-e Azadegan	16.17	30.11	186.26	1.01
رامهرمز Ramhormoz	13.30	23.30	175.23	1.13
شادگان Shadegan	20.84	35.47	170.28	1.45
شوش Shush	11.71	16.92	144.50	1.26
شوشتر Shushtar	16.47	21.10	128.10	1.32
لالی Lali	5.70	5.68	99.7	1.23
مسجدسلیمان Masjed Soleyman	7.58	11.36	149.87	0.78
هندیجان Hendijan	23.43	34.18	145.91	2.80

متوسط ضریب پراکندگی وسعت اراضی برای کل استان ۳۰۱/۹۶ درصد می‌باشد. (Saiedirad and Parhizgar, 2011) نشان دادند که میانگین مساحت اراضی کشاورزی در هفت روستا در شهرستان مشهد ۰/۷۳ هکتار با انحراف معیار ۰/۲۶ بوده که نمایانگر شرایط خرده مالکی شدید در این مناطق می‌باشد. دلایلی از قبیل کوچک بودن اراضی و عدم تناسب نوع ماشین با اندازه مزرعه موجب شده کشاورزان از توان مکانیکی موجود تنها برای خاک‌ورزی استفاده نمایند و به همین علت توان تراکتوری بیش از اندازه نیاز منطقه در داخل روستاها بلااستفاده مانده و تنها در مدت زمان کمی از سال از آن استفاده می‌گردد. نسبت اسب بخار در هکتار استان طی پنج دوره برنامه توسعه در شکل ۱ نشان داده شده است. نسبت اسب بخار در هکتار در استان در برنامه اول توسعه ۰/۳۷ بوده که در پایان برنامه پنجم به ۱/۲۰ اسب بخار بر هکتار افزایش یافته است. سطح مکانیزاسیون محاسبه شده با احتساب تراکتورهای بالای ۱۳ می‌باشد که در صورت لحاظ نشدن این تراکتورها سطح مکانیزاسیون استان به ۰/۷۱ اسب بخار بر هکتار تقلیل پیدا می‌کند. ضریب پراکندگی سطح مکانیزاسیون شهرستان‌های استان حدود ۴۷ درصد محاسبه شد. بالا بودن ضریب پراکندگی محاسبه شده نشان‌دهنده عدم توازن در توسعه سطح مکانیزاسیون در شهرستان‌های استان می‌باشد. Larki و همکاران (۲۰۱۲)، محمدی و ظرفیان (۲۰۰۸)، عباسی و همکاران (۲۰۱۱)، شم آبادی (۲۰۰۷) و عباسی و همکاران (۲۰۱۴) نیز به پایین بودن سطح مکانیزاسیون در مناطق مختلف اشاره داشته‌اند و دلیل این امر را می‌توان در توزیع نامناسب نیرو محرکه و تعداد تراکتورهای کهنه دانست. از جمله مشکلات مکانیزاسیون استان خوزستان توزیع جغرافیایی نامناسب ماشین‌ها، کمبود یا فزونی ماشین‌ها در شهرستان‌های مختلف استان و کمبود تراکتور به‌ویژه در فصل اوج عملیات زراعی می‌باشند.

Pishbin و همکاران (۲۰۰۷) نیز در مطالعات خود نتایج مشابهی را عنوان کردند. سطح مکانیزاسیون استان با ضریب پراکندگی اراضی و میانگین قطعات زراعی در سطح ۵ درصد به‌ترتیب دارای همبستگی ۰/۴۳۶- و ۰/۴۵۶ می‌باشد. انتظار می‌رود که هرچه اراضی خردتر باشند در مساحت یکسان به توان تراکتوری بیشتری نیاز باشد. همچنین مناطقی که ضریب پراکندگی اراضی بالایی دارند به توان تراکتوری بالایی جهت انجام عملیات کشاورزی نیازمند می‌باشند. حال آنکه نتایج خلاف این انتظار می‌باشند و به‌نظر می‌رسد مدیریت کشاورزی استان بایستی برای برطرف کردن این نقیصه تمهیداتی در نظر بگیرد. در بررسی کارایی فنی برنج‌کاران در چین، (Tana *et al*., 2010) نشان دادند که تعداد قطعات مزرعه یکی از مهمترین عوامل محدودکننده کارایی فنی بوده است. Arsalanbod *et al*. (2005) بیان کردند که افزایش متوسط اندازه قطعات باعث کاهش فاصله بین قطعات و مدیریت یکپارچه بهتر مزرعه می‌شود که می‌تواند تأثیر مثبتی بر کارایی فنی داشته باشد. آن‌ها اذعان داشتند که رابطه مثبت و معنی‌داری بین تعداد قطعات مزرعه به‌عنوان شاخص پراکندگی و عدم کارایی فنی وجود دارد. رحمان و همکاران (۲۰۰۵) نیز بیان کردند که یک درصد افزایش در تعداد قطعات مزرعه میزان تولید برنج و کارایی فنی را به‌ترتیب ۰/۰۵ و ۰/۰۳ درصد کاهش می‌دهد.



شکل ۱– سطح مکانیزاسیون استان خوزستان در پنج دوره برنامه توسعه (Authors, 2017)

Fig. 1. Mechanization level of Khuzestan province in five periods of development plan

جدول ۲- برآورد توان مورد نیاز هر شهرستان

Table 2- Estimation of required power for each County

شهر County	توان اسمی موجود (اسب‌بخار) Available Theoretical Power (hp)	توان اسمی مورد نیاز (اسب‌بخار) Required Theoretical Power (hp)	میزان کمبود توان اسمی (اسب‌بخار) Deficiency of Theoretical Power (hp)	میزان ورود تعداد تراکتور (دستگاه) Tractor Number Entry Rate	شهر County	توان اسمی موجود (اسب‌بخار) Available Theoretical Power (hp)	توان اسمی مورد نیاز (اسب‌بخار) Required Theoretical Power (hp)	میزان کمبود توان اسمی (اسب‌بخار) Deficiency of Theoretical Power (hp)	میزان ورود تعداد تراکتور (دستگاه) Tractor Number Entry amount
آبادان Abadan	3965	2100	0	0	دشت‌آزادگان Dasht-e Azadegan	64565	151725	87160	1163
خرمشهر Khoramshahr	36295	26925	0	0	گتوند Gotvand	28105	61725	33620	449
شادگان Shadegan	71030	66825	0	0	باوی Bavi	72020	70500	0	0
هویزه Hoveyzeh	42845	91125	48280	644	باغملک Bagh-e Malek	38560	89325	50765	677
ایذه Izeh	46535	89550	43015	574	آغاجاری Aghajari	1160	1500	340	5
شوشتر Shushtar	175375	135675	0	0	امیدیه Omidiyeh	24025	24825	800	11
مسجدسلیمان Masjed Soleyman	13450	29475	16025	214	بهبهان Behbahan	75960	67875	0	0
شوش Shush	226000	186150	0	0	کارون Karun	48235	52350	4115	55
اندیکا Andika	24890	17775	0	0	اهواز Ahvaz	148970	204600	55630	742
لالی Lali	16065	18225	2160	29	حمیدیه Hamidiyeh	70045	72750	2705	37
دزفول Dezful	122950	140700	17750	237	هندیجان Hendijan	68305	60525	0	0
اندیمشک Andimeshk	42340	98550	56210	750	هفتکل Haftkel	30730	48450	17720	237
رامشیر Ramshir	54730	76275	21545	288	رامهرمز Ramhormoz	55855	91350	35495	474
بندرماهشهر Bandar-e Mahshahr	40745	47925	7180	96					

نیازسنجی توان تراکتوری شهرستان‌های استان

جدول ۲ میزان نیاز به تراکتور در هر شهرستان را نشان می‌دهد. در برآورد به‌عمل آمده شهرستان‌های آبادان، خرمشهر، شادگان، شوشتر، شوش، اندیکا، باوی، بهبهان و هندیجان به دلیل بیشتر بودن توان موجود در شهرستان نسبت به توان مورد نیاز برای انجام عملیات زراعی به ورود توان جدید نیاز ندارند. شهرستان دشت‌آزادگان با نیاز به ۱۱۶۳ دستگاه تراکتور با توان اسمی معادل ۷۵ اسب بخار، بیشترین نیاز را دارد. در مجموع برای انجام به موقع عملیات زراعی، استان خوزستان نیازمند ۶۶۸۲ دستگاه تراکتور با توان اسمی معادل ۷۵ اسب بخار می‌باشد. در محاسبه توان موجود هر شهرستان کل تراکتورهای فعال در نظر گرفته شده که در صورت لحاظ نکردن تراکتورهای بالای ۱۳ سال مقدار نیازمندی استان به تراکتور افزایش خواهد یافت.

جدول ۳- اولویت‌بندی ورود توان جدید به شهرستان‌های استان با استفاده از تاپسیس سلسه مراتبی فازی

Table 3- Prioritizing the power arrival to county of province using FAHP and FTOPSIS

اولویت ورود توان Priority the power arrival	شهرستان County	اولویت ورود توان Priority the power arrival	شهرستان County
0.45	آبادان Abadan	0.33	گتوند Gotvand
0.46	آغاجاری Aghajari	0.33	اندیمشک Andimeshk
0.48	اندیکا Andika	0.34	ایذه Izeh
0.49	لالی Lali	0.34	باغملک Bagh-e Malek
0.49	حمیدیه Hamidiyeh	0.35	مسجدسلیمان Masjed Soleyman
0.49	بهبهان Behbahan	0.37	رامهرمز Ramhormoz
0.51	خرمشهر Khoramshahr	0.38	دشت‌آزادگان Dasht-e Azadegan
0.51	باوی Bavi	0.38	هویزه Hoveyzeh
0.51	بندرماهشهر Bandar-e Mahshahr	0.38	هفتگل Haftkel
0.51	امیدیه Omidiyeh	0.42	دزفول Dezful
0.52	رامشیر Ramshir	0.43	هندیجان Hendijan
0.53	شادگان Shadegan	0.44	شوش Shush
0.53	کارون Karun	0.44	شوشتر Shushtar
		0.45	اهواز Ahvaz

اولویت‌بندی ورود توان در استان خوزستان با استفاده از تاپسیس و تحلیل سلسله مراتبی فازی

به منظور تعیین اولویت‌ها برای ورود توان جدید در شهرستان‌های استان از ترکیب چهار معیار کمبود سطح مکانیزاسیون، ضریب کهنگی تراکتورها، میانگین هارمونیک عملکرد و نسبت هکتار به تراکتور استفاده گردید. در بین معیارهای مذکور نسبت هکتار به تراکتور بیشترین وزن (۰/۳۰، ۰/۴۱، ۰/۵۴) را به خود اختصاص داده بود. در بین شهرستان‌های استان آبادان، خرمشهر، شادگان، شوش، شوشتر، بهبهان، هندیجان، اندیکا و باوی سهمی از معیار کمبود سطح مکانیزاسیون در اولویت‌بندی ورود توان نداشته‌اند. بیشترین میزان کمبود مکانیزاسیون به شهرستان دشت آزادگان با ۱/۳۶ اسب بخار بر هکتار تعلق داشت. میزان ضریب کهنگی در این شهرستان پایین و حدود ۰/۲ می‌باشد. همچنین کمترین و بیشترین سهم از معیار

کهنگی نیز به‌ترتیب متعلق به شهرستان حمیدیه با ضریب ۰/۰۱ و شهرستان باغملک با ضریب ۲/۹۶ بود. میزان نسبت هکتار به تراکتور در شهرستان دشت‌آزادگان به نسبت پایین و کمتر از شهرستان‌های اندیمشک، گتوند، مسجد سلیمان و باغملک می‌باشد. در ارتباط با نسبت هکتار به تراکتور شهرستان‌های اندیمشک و اهواز و در خصوص معیار میانگین هارمونیک تولید شهرستان‌های گتوند و باوی بیشترین سهم برای اولویت ورود توان را داشته‌اند. در مجموع برای ورود توان جدید با توجه به جدول ۳ شهرستان‌های اندیمشک، گتوند، باغملک و ایذه در اولویت قرار دارند.

نتیجه‌گیری

سطح مکانیزاسیون استان طی پنج دوره به ظاهر روند روبه رشدی را طی کرده است. در حالی‌که بخش قابل‌توجهی از تراکتورهای استان دارای عمر بالای ۱۳ سال می‌باشند و درصورت لحاظ نکردن این تراکتورها تغییر چشمگیری در سطح مکانیزاسیون استان نسبت به برنامه اول توسعه وجود ندارد. بالا بودن ضریب تغییرات سطح مکانیزاسیون نشان‌دهنده عدم تعادل و توازن در سطح مکانیزاسیون شهرستان‌های استان می‌باشد. بر این مبنا ضرورت برنامه‌ریزی منطقه‌ای، در برنامه‌های راهبردی استان برای برقراری تعادل و به منظور ایجاد شرایط مناسب و همگون، دیده می‌شود. از نظر مدیریتی قابل انتظار است که خرد بودن اراضی و کوچک بودن میانگین قطعات زراعی به سطح مکانیزاسیون بیشتری نیاز دارد حال آنکه که سطح مکانیزاسیون با ضریب پراکندگی همبستگی منفی و با میانگین قطعات زراعی همبستگی مثبت نشان داد. این مهم دقت نظر بیشتر در برنامه‌ریزی‌های کاربردی مکانیزاسیون در کشاورزی استان خوزستان را می‌طلبد. به‌منظور برطرف کردن نیاز حداکثر استان به توان تراکتوری در زمان اوج عملیات کاری بایستی حدود ۲۰۲۲۶۷۵ اسب‌بخار برابر با تعداد ۶۶۸۲ دستگاه تراکتور با توان معادل ۷۵ اسب بر ظرفیت تراکتوری استان افزوده گردد. نتایج به‌دست آمده حاکی از توزیع نامناسب و بدون توجه به نیاز واقعی به تراکتور در سطح استان است.

توزیع مناسب توان در مناطق استان اهمیت بیشتری نسبت به توزیع کمی آن دارد. چرا که در بخش‌هایی از استان توان بیش از نیاز آن منطقه وجود دارد که این امر باعث هدر رفت سرمایه می‌گردد و در مقابل در بخش‌های دیگری از استان با کمبود منابع توان در فصل کار خود رو به‌رو هستند که منجر به تحمیل هزینه‌های فرصت از دست رفته برای کشاورز می‌شود. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که برای ورود توان جدید به استان بایستی گتوند، اندیمشک، ایذه و باغملک در اولویت قرار بگیرند.

References

1. Abbasi, S., M. Parashkouhi, and M. Rashidi, 2011. Performance capacity of tractor power in Kabudarahang county. 1th national conference on Modern Topics in Agriculture. Islamic Azad University Saveh Branch. (In Farsi).
2. Abbasi, K., M. Almassi, A. M. Borgheyee, and S. Minayie. 2014. Yield model estimation of basic crops based on the agricultural mechanization level index in Iran. Journal of Agricultural Machinery 4 (2): 344-351. (In Farsi).
3. Agricultural Jihad Organization of Khuzestan Province. 2017. Statistical Yearbook. Available at: http://ajkhz.ir/main/index.php/pages/generalinformationbank.html. (In Farsi).
4. Almassi, M., Sh. Kiani, and N. Lovimi. 2008. Principles of agricultural mechanization. Qom: Hazrat Masume Publication.
5. Arsalanbod, M. 2005. Size, Fragmentation and Inefficiency: A single-stage stochastic parametric approach for wheat production in Iran. Iranian Economic Review 10 (13): 151-162.
6. Baja, S., Chapman, D. M., and D. Dragovich. 2002. Fuzzy modeling of environmental suitability index for rural land use systems: an assessment using GIS. Environment and Planning B: Planning and Design 29: 3-20.
7. Bencheikh, A., A. Nourani1, and M. N. Chabacan. 2017. Sustainability evaluation of agricultural greenhouse structures in southern of Algeria using AHP, case of study: Biskra province. CIGR Journal Open access at http://www.cigrjournal.org. 19 (1): 56-64.
8. Biswas, A., and B. Baran pal. 2004. Application of fuzzy goal programming technique to land use planning in agricultural system. Omega The International Journal of management. 33 (5): 391-398.
9. Chang, D. Y. 1996. Theory and Methodology Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. European Journal of Operational Research 95: 649-655.
10. Chen, H. S., G. S. Liu, Y. F. Yang, X. F. Ye, and Z. Shi. 2010. Comprehensive evaluation of tobacco ecological suitability of Henan province based on GIS. Agricultural Sciences in China 9: 583-592.
11. Chen, T. Y., and Ch. Y. Tsao. 2008. The interval-valued fuzzy TOPSIS method and experimental analysis. Fuzzy Sets and Systems 159: 1410-1428.
12. Chia, C. S. 2010. A performance evaluation model by integrating fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods. Expert Systems with Applications 37: 7745-7754.
13. Dagdeviren, M., and I. Yuksel. 2008. Developing a fuzzy analytic hierarchy process (AHP) model for behavior-

based safety management. Information Sciences 178: 1717-1733.

14. Ertugrul, I., N. Karakaşoglu. 2009. Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods. Expert Systems with Applications 36: 702-715.
15. Gungor, Z., G. Serhadlıoglub, and S. E. Kesen. 2009. A fuzzy AHP approach to personnel selection problem. Applied Soft Computing 9: 641-646.
16. Gumus, A. T. 2009. Evaluation of hazardous waste transportation firms by using a two-step fuzzy-AHP and TOPSIS methodology. Expert Systems with Applications 36: 4067-4074.
17. Khurram-Ali, H. M., A. Sultan, and B. B. Rana. 2017. Captive Power Plant Selection for Pakistan Cement Industry in Perspective of Current Energy Crises: A Fuzzy-AHP Approach. Mehran University Research Journal of Engineering and Technology 36 (4): 769-780.
18. Lak, M. B., and M. S. Bloki. 2008. Investigation of mechanization level in Hamedan county. Proceedings of the 5th national congress on agricultural machinery and mechanization. Aug. 28-29. Ferdowsi University of Mashhad. (In Farsi).
19. Larki, M., M. A. Asoodar, A. Marzban, and A. Abde-Shahi. 2012. Investigation of power distribution status and estimation of required tractor power in Khuzestan province. 7th national congress on agricultural machinery and mechanization. Ferdowsi University of Mashhad. (In Farsi).
20. Maddahi, Z., A. Jalalian, M. M. Kheirkhah Zarkesh, and N. Honarjo. 2017. Land Suitability Analysis for Rice Cultivation using a GIS-based Fuzzy Multi-criteria Decision Making Approach: Central Part of Amol District, Iran. Soil and Water Research 12(1): 29-38.
21. Meteorological Organization of Khuzestan Province. 2017. Meteorological Quarterly. Available at: www.khzmet.ir. (In Farsi).
22. Mohammadi, O., and S. Zarifiyan. 2008. Factors affecting the mechanization of farm lands (case study: Nishapur county). 5th national congress on agricultural machinery and mechanization. Ferdowsi University of Mashhad. (In Farsi).
23. Mohajer-doust, V., A. Akram, M. Mashhuri-Azar, and F. Vojdani Heris. 2008. Determination of required tractor units and desirable mechanization level in Savojbolagh plain (given to the time of operational pick and tractor management). 5th national congress on agricultural machinery and mechanization. Ferdowsi University of Mashhad. (In Farsi).
24. Moradi, M. A., M. Sadeghi, H. Sadeghi, and L. Moradi. 2014. Development of a model for evaluating the replacement of worn-out tractors in Iran and presenting complementary energy policy in the agriculture and horticulture sub-sector. 2014. Iranian Journal of Energy 17 (1): 1-24. (In Farsi).
25. Nastaran, M., F. Abolhasani, and M. Izadi. 2010. Application of TOPSIS technique in analysis and prioritization of sustainable development of urban areas (case study: urban areas of Isfahan). Journal of Geography and Environmental Planning 2 (38): 83-100. (In Farsi).
26. Organization of Management and Planning of Khuzestan Province. 2017. Agricultural census results. Available at: https://www.amar.org.ir/_General Agricultural Census/Agricultural census results. (In Farsi).
27. Pishbin, S., H. Mohammadi, and A. Ejrayie. 2007. Investigation of problems related to applying agricultural mechanization in Jahrom region. Journal of Development and Productivity 2 (5): 17-29. (In Farsi).
28. Rahman, S., and M. Rahman. 2008. Impact of land fragmentation and resource ownership on productivity and efficiency: The case of rice Producers in Bangladesh. Land Use Policy 26: 95-103.
29. Ranjbaran .H. 2009. Statistics and probability and its using in the economy. Nooreelm and esbaat. Hamadan. (In Farsi).
30. Safari, M., and M. Almasi. 2008. Mechanization Coefficients and indices in tillage operation using conventional tractor and plow in ten provinces of country. Journal of Research and Construction 21: 52-60. (In Farsi).
31. Saiedirad, M. H., and S. A. Parhizgar. 2011. Investigation of mechanization indices in small-scale agriculture and providing appropriate solutions in Khorasan Razavi province. Journal of Agricultural Machinery 1 (1): 48-53.
32. Secme, N. Y., A. Bayrakdaroğlu, and C. Kahraman. 2009. Fuzzy performance evaluation in Turkish banking sector using analytic hierarchy process and TOPSIS. Expert Systems with Applications 36 (9): 11699-11709.
33. Seyedmohammadi, J. F. Sarmadianb, A. A. Jafarzadeha, M. A. Ghorbanic, and F. Shahbazi. 2017. Application of SAW, TOPSIS and fuzzy TOPSIS models in cultivation priority planning for maize, rapeseed and soybean crops. Geoderma 310: 178-190.
34. Sham-Abadi, Z. 2007. Determination of mechanization coefficients and indices in tillage operation using moldboard plow in Shahrud county. 3rd student conference on Agricultural Machinery Engineering. Shiraz University. (In Farsi).
35. Sindhu, S., V. Nehra, and S. Luthra. 2017. Investigation of feasibility study of solar farms deployment using hybrid AHP-TOPSIS analysis: Case study of India. Renewable and Sustainable Energy Reviews 73: 496-511.
36. Sun, C. C. 2010. A performance evaluation model by integrating fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods. Expert Systems with Applications. 37: 7745-7754.
37. Tana, S., N. Heerink, A. Kuyvenhoven, and F. Quc. 2010. Impact of land fragmentation on rice producers’

technical efficiency in South-East China. Journal of Life Sciences 57: 117-123.
38. Tavakkoli, J. 2012. Level of agricultural mechanization development in Kermanshah province counties and its relationship with Institutional Infrastructure Indicators. Iranian Geography Quarterly 10 (33). (In Farsi).
39. Tabibi, S. J., and M. R. Maleki. 2005. Strategic planning. Termeh publications house, Tehran. Page 354. (In Farsi).
40. Yazdani, M., P. Zarate, A. Coulibaly, and E. Kazimieras Zavadskas, 2017. A group decision making support system in logistics and supply chain management. Expert Systems with Applications. DOI: 10.1016/j.eswa.2017.07.014.
41. Yousefi, R. A. 2015. Determining the number of suitable working days for spraying wheat fields in Qazvin province. Journal of Biosystem Engineering. (In Farsi).
42. Wang, T. C., and H. D. Lee. 2009. Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights. Expert Systems with Applications 36: 8980-8985.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 9, No. 1, Spring - Summer 2019, p. 235-251

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۹، شماره ۱، نیمسال اول ۱۳۹۸، ص ۲۵۱-۲۳۵

Prioritizing the Power Arrival in Khuzestan Province Agriculture using FAHP and FTOPSIS

A. Keshvari[1]- A. Marzban[2*]

Received: 11-12-2017
Accepted: 05-02-2018

Introduction

Understanding the status of tractor power in any region is a key factor in setting a mechanization planning to improve the capacity of mechanized operations. For this reason, it is necessary that the available tractor power in each region meet the needs of agricultural operations in the most demanding time of cropping season in terms of operations related to machinery.

Materials and Methods

The objective of this study is needs assessment and prioritizing the power arrival in the agriculture of Khuzestan province. Required data, such as the number of tractors, areas under crop cultivation, size and number of farmlands, and crop yield were collected from the beginning of the first economic, social and cultural development plan until the end of the fifth development plan. Given to peak of operations, working hours per day and the probability of working days, input power required for each county was calculated. To determine the priorities for arrival power to counties, four criteria, including mechanization level shortage, percentage of obsolete tractors, the harmonic mean of production and area (ha) per tractor ratio (ha/tractor) were applied using TOPSIS-AHP based approach. Technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) is one of the strongest methods in multi-criteria decision making. This method is based on the calculation of geometric distance of alternatives from positive ideal solution and negative ideal solution. Analytical hierarchy process (AHP) was used for weighting to criteria. AHP is one of the most famous multi-criteria decision making methods which has been used to estimate a total score for each criterion, compare indices using pairwise comparison and assess their score for one criterion. AHP is based on the decision-maker experience and knowledge. But since decision-makers rely on their mental ability and experience for doing comparisons, for reasons such as inadequate knowledge and information, complexity of the problem, lack of confidence in decision-making environment and lack of a proper scale, they are not able to express their preferences in the form of pure numbers. So conventional AHP has not enough potential for working based on human thinking style. For solving this problem, the theory of fuzzy sets can be used.

Results and Discussion

Based on the results, 6682 tractors with theoretical power equivalent as 75 hp should be added to provincial fleet to ensure timely agricultural operations in Khuzestan province. The required 75-hp tractor units are 1163, 750 and 742 for Dasht-e Azadegan, Andimeshk and Ahvaz, respectively and Abadan, Khoramshahr, Shadegan, Shushtar, Shush, Andika, Bavi, Behbahan and Hendijan did not need to import any new power due to higher theoretical power available compared to required power. The needs difference of counties came from the difference between counties area under cultivation in the peak work area. Almost there was one tractor per 50-ha area under cultivation in the province. Mechanization level was calculated as 1.2 hp ha^{-1}. Based on the tractor classification by Mechanization Development Center, tractors over 13 years age are known as obsolete, so mechanization level could be reached down to 0.7 hp ha^{-1} by eliminating these tractors that included 40% of total tractors in the province. Coefficient of variation related to the mechanization level of counties was calculated as 47% that indicates imbalance between provincial regions. The average of variation coefficient of farm lands was obtained as 301.96 % for the province. Also correlation between mechanization level and coefficient of variation of farmlands was -0.436 in 5% level. In order to determine the priorities for importing power to each region of Khuzestan province, the ratio of area under cultivation (ha) to tractor unit assigned highest weight (0.3, 0.41, 0.54). Gotvand, Andimeshk, Izeh and Bagh-e Malek, had highest priority for importing power, respectively.

1- MSc postgraduate and PhD student in agricultural mechanization, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz-Mollasani, Iran
2- Faculty Member, Dept. of Mechanization and Agricultural machinery Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz-Mollasani, Iran
(*- Corresponding Author Email: marzban@ramin.ac.ir)

Conclusions

Results indicate an inappropriate distribution of tractors without considering the actual local need for them. Appropriate distribution of power is more important than quantitative distribution of tractors in Khuzestan province, because power in some regions is more than required power that cause wasting capital. In opposite, the shortage of power resources in the peak of workload in other regions, cause timeliness costs for farmer. Based on this, a necessity for regional planning is felt in the provincial strategic plans to make appropriate and coherent environments.

Keywords: FAHP, FTOPSIS, Needs assessment, Mechanization level

پیوست شماره یک

جدول ۱- ماتریس تصمیم در AHP فازی

Table 2- Decision matrix in fuzzy AHP

	A_1			**A_2**			**A_3**			**A_4**		
	l_1	m_1	u_1	l_2	m_2	u_2	l_3	m_3	u_3	l_4	m_4	u_4
A_1	1.00	1.00	1.00	0.73	0.94	1.25	0.87	1.07	1.36	0.98	1.14	1.32
A_2	0.80	1.07	1.37	1.00	1.00	1.00	1.53	1.85	2.27	0.49	0.67	0.94
A_3	0.73	0.94	1.16	0.44	0.54	0.65	1.00	1.00	1.00	0.20	0.22	0.27
A_4	0.76	0.88	1.02	1.07	1.49	2.04	3.71	4.49	5.10	1.00	1.00	1.00

جدول ۲- وزن فازی معیارها

Table 2- Fuzzy weighted criteria

	L	**M**	**U**
A_1	0.16	0.22	0.30
A_2	0.17	0.24	0.34
A_3	0.10	0.14	0.19
A_4	0.29	0.41	0.56

جدول ۳- مجموع سطرهای ماتریس تصمیم فازی

Table 3- Total lines of fuzzy decision matrix

	l_i	**m_i**	**u_i**
A_1	3.58	4.15	4.93
A_2	3.83	4.59	5.58
A_3	2.37	2.70	3.08
A_4	6.54	7.85	9.16

جدول ٤- مجموع ستون‌های ماتریس تصمیم فازی

Table 4- Total column of fuzzy decision matrix

	l_i	**m_i**	**u_i**
SSM	16.31	19.29	22.75

جدول ۵- معکوس مجموع ستون‌های ماتریس تصمیم فازی

Table 5- Invers of Total column of fuzzy decision matrix

	u_i	**m_i**	**l_i**
1/SSM	0.04	0.05	0.06

جدول ٦- ماتریس تصمیم در روش تاپسیس فازی

Table 1- Decision matrix in fuzzy TOPSIS method

گزینه‌ها	A_1			A_2			A_3			A_4		
Altrenatives	a_{ij}	b_{ij}	c_{ij}	a_{ij}	b_{ij}	c_{ij}	a_{ij}	b_{ij}	c_{ij}	a_{ij}	b_{ij}	c_{ij}
شادگان Shadegan	0	0	1	1	3	5	1	3	5	1	3	5
لالی Lali	0	1	3	7	9	10	0	1	3	1	3	5
مسجدسلیمان Masjed Soleyman	7	9	10	3	5	7	0	1	3	7	9	10
دزفول Dezful	0	1	3	1	3	5	7	9	10	5	7	9
شوش Shush	0	0	1	0	1	3	5	7	9	3	5	7
شوشتر Shushtar	0	0	1	1	3	5	7	9	10	3	5	7
دشت‌آزادگان Dasht-e Azadegan	9	10	10	0	1	3	1	3	5	5	7	9
رامهرمز Ramhormoz	5	7	9	5	7	9	1	3	5	3	5	7
اهواز Ahvaz	1	3	5	1	3	5	5	7	9	7	9	10
آبادان Abadan	0	0	1	3	5	7	3	5	7	0	1	3
بندرماهشهر Bandar-e Mahshahr	1	3	5	0	1	3	0	1	3	0	1	3
هندیجان Hendijan	0	0	1	7	9	10	1	3	5	0	1	3
خرمشهر Khoramshahr	0	0	1	0	1	3	3	5	7	1	3	5
اندیمشک Andimeshk	5	7	9	3	5	7	7	9	10	9	10	10
بهبهان Behbahan	9	10	10	0	1	3	3	5	7	1	3	5
امیدیه Omidiyeh	0	1	3	1	3	5	1	3	5	0	1	3
باغملک Bagh-e Malek	7	9	10	9	10	10	0	1	3	5	7	9
ایذه Izeh	5	7	9	7	9	10	1	3	5	5	7	9
رامشیر Ramshir	3	5	7	1	3	5	1	3	5	1	3	5
گتوند Gotvan	5	7	9	3	5	7	7	9	10	7	9	10
اندیکا Andika	0	0	1	3	5	7	0	1	3	1	3	5
هفتگل Haftkel	3	5	7	5	7	9	1	3	5	3	5	7
هویزه Hoveyzeh	7	9	10	0	1	3	1	3	5	7	9	10
باوی Bavi	0	0	1	0	1	3	7	9	10	1	3	5
آغاجاری Aghajari	5	7	9	0	1	3	1	3	5	0	1	3
کارون Karun	0	1	3	0	1	3	3	5	7	1	3	5
حمیدیه Hamidiyeh	0	1	3	0	1	3	5	7	9	0	1	3

جدول ۷- ماتریس تصمیم فازی وزن‌دار

Table 7- Weighted fuzzy decision matrix

شهر County	A_1			A_2			A_3			A_4		
شادگان Shadegan	0.16	0	0	0.04	0.08	0.3	0.01	0.04	0.09	0.06	0.14	0.54
لالی Lali	0.05	0.22	0	0.02	0.03	0.04	0	0.01	0.05	0.06	0.14	0.54
مسجدسلیمان Masjed Soleyman	0.02	0.02	0.04	0.03	0.05	0.1	0	0.01	0.05	0.03	0.05	0.08
دزفول Dezful	0.05	0.22	0	0.04	0.08	0.3	0.08	0.13	0.18	0.03	0.06	0.11
شوش Shush	0.16	0	0	0.07	0.24	0	0.06	0.1	0.16	0.04	0.08	0.18
شوشتر Shushtar	0.16	0	0	0.04	0.08	0.3	0.08	0.13	0.18	0.04	0.08	0.18
دشت‌آزادگان Dasht-e Azadegan	0.02	0.02	0.03	0.07	0.24	0	0.01	0.04	0.09	0.03	0.06	0.11
رامهرمز Ramhormoz	0.02	0.03	0.06	0.02	0.03	0.06	0.01	0.04	0.09	0.04	0.08	0.18
اهواز Ahvaz	0.03	0.07	0.29	0.04	0.08	0.3	0.06	0.1	0.16	0.03	0.05	0.08
آبادان Abadan	0.16	0	0	0.03	0.05	0.1	0.03	0.07	0.13	0.1	0.41	0
بندرماهشهر Bandar-e Mahshahr	0.03	0.07	0.29	0.07	0.24	0	0	0.01	0.05	0.1	0.41	0
هندیجان Hendijan	0.16	0	0	0.02	0.03	0.04	0.01	0.04	0.09	0.1	0.41	0
خرمشهر Khoramshahr	0.16	0	0	0.07	0.24	0	0.03	0.07	0.13	0.06	0.14	0.54
اندیمشک Andimeshk	0.02	0.03	0.06	0.03	0.05	0.1	0.08	0.13	0.18	0.03	0.04	0.06
بهبهان Behbahan	0.02	0.02	0.03	0.07	0.24	0	0.03	0.07	0.13	0.06	0.14	0.54
امیدیه Omidiyeh	0.05	0.2	0	0.04	0.08	0.3	0.01	0.04	0.09	0.1	0.41	0
باغملک Bagh-e Malek	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0.03	0	0.01	0.05	0.03	0.06	0.11
ایذه Izeh	0.02	0.03	0.06	0.02	0.03	0.04	0.01	0.04	0.09	0.03	0.06	0.11
رامشیر Ramshir	0.02	0.04	0.1	0.04	0.08	0.3	0.01	0.04	0.09	0.06	0.14	0.54
گتوند Gotvan	0.02	0.03	0.06	0.03	0.05	0.1	0.08	0.13	0.18	0.03	0.05	0.08
اندیکا Andika	0.16	0	0	0.03	0.05	0.1	0	0.01	0.05	0.06	0.14	0.54
هفتگل Haftkel	0.02	0.04	0.1	0.02	0.03	0.06	0.01	0.04	0.09	0.04	0.08	0.18
هویزه Hoveyzeh	0.02	0.02	0.04	0.07	0.24	0	0.01	0.04	0.09	0.03	0.05	0.08
باوی Bavi	0.16	0	0	0.07	0.24	0	0.08	0.13	0.18	0.06	0.14	0.54
آغاجاری Aghajari	0.02	0.03	0.06	0.07	0.24	0	0.01	0.04	0.09	0.1	0.41	0
کارون Karun	0.05	0.22	0	0.07	0.24	0	0.03	0.07	0.13	0.06	0.14	0.54
حمیدیه Hamidiyeh	0.05	0.22	0	0.07	0.24	0	0.06	0.1	0.16	0.1	0.41	0

جدول ۸- راه‌حل ایده‌آل مثبت

Table 8- Positive ideal solution

V_1^*	0.29	0.29	0.29
V_2^*	0.3	0.3	0.3
V_3^*	0.18	0.18	0.18
V_4^*	0.54	0.54	0.54

جدول ۹- راه‌حل ایده‌آل منفی

Table 9- Negative ideal solution

V_1^-	0.016	0.016	0.016
V_2^-	0.02	0.02	0.02
V_3^-	0	0	0
V_4^-	0.029	0.029	0.029

جدول ۱۰- فاصله از راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی و شاخص شباهت

Table 10- Difference of Positive and negative ideal solution and similarity index

شهر County	$\tilde{S}_i^*$	$\tilde{S}_i^-$	شهر County	$\tilde{S}_i^*$	$\tilde{S}_i^-$
شادگان Shadegan	0.944	1.045262	بهبهان Behbahan	0.49	0.962
لالی Lali	1.012	0.953645	امیدیه Omidiyeh	0.51	0.963
مسجدسلیمان Masjed Soleyman	1.155	0.611886	باغملک Bagh-e Malek	0.34	1.171
دزفول Dezful	1.024	0.749032	ایذه Izeh	0.34	1.136
شوش Shush	1	0.744402	رامشیر Ramshir	0.52	0.933
شوشتر Shushtar	0.955	0.757035	گتوند Gotvan	0.33	1.055
دشت‌آزادگان Dasht-e Azadegan	1.1	0.682483	اندیکا Andika	0.48	1.013
رامهرمز Ramhormoz	1.095	0.636487	هفتگل Haftkel	0.38	1.078
اهواز Ahvaz	0.968	0.794223	هویزه Hoveyzeh	0.38	1.111
آبادان Abadan	1.012	0.822623	باوی Bavi	0.51	0.901
بندرماهشهر Bandar-e Mahshahr	0.986	1.034118	آغاجاری Aghajari	0.46	1.024
هندیجان Hendijan	1.065	0.815349	کارون Karun	0.53	0.915
خرمشهر Khoramshahr	0.944	0.981722	حمیدیه Hamidiyeh	0.49	0.939
اندیمشک Andimeshk	1.062	0.524839			